

# Détermination de la durée des stades phénologiques des mauvaises herbes

*Mieux les connaître pour mieux les maîtriser*

**Bassin Plat  
(Saint-Pierre – La Réunion)**

**2017 - 2019**

**Pascal Marnotte**

**UR Aïda - Cirad**



# Détermination des stades phénologiques des mauvaises herbes

**Bassin Plat (Saint-Pierre – La Réunion) – 2017 - 2019**

## AVANT-PROPOS

Cet essai de suivi de populations de mauvaises herbes a pu être mis en place sur la station du Cirad de Bassin Plat à Saint-Pierre (La Réunion), qui a bien voulu mettre à notre disposition l'une des parcelles de la station expérimentale.

Nous tenons à remercier Muriel Sinatamby, responsable de cette station, Jean-Pierre Rangayen et Gilles Maillot qui ont réalisé les opérations culturales mécanisées ainsi que Bernard Mouny et Jean-Luc Brossier qui ont réalisé les observations de la flore sur ces parcelles.

Merci également à Mathias Christina pour l'écriture du script sous R d'analyse statistique non paramétrique.

# Détermination de la durée des stades phénologiques des mauvaises herbes

**Bassin Plat (Saint-Pierre – La Réunion) – 2017- 2019**

## TABLE DES MATIERES

Avant-propos .....	i
Table des matières .....	ii
1 Introduction .....	1
2 Matériel et méthode.....	1
2.1 Le site d’implantation des parcelles d’observation .....	1
2.1.1 Localisation .....	1
2.1.2 Caractéristiques du site d’implantation .....	1
2.2 Les périodes d’observation.....	1
2.3 La conduite des parcelles d’observation.....	1
2.4 Les observations réalisées .....	2
3 Analyses des données.....	2
4 Résultats et discussion.....	3
4.1 Conditions environnementales de l’essai .....	3
4.1.1 La pluviométrie .....	3
4.1.2 Les températures .....	3
4.2 La composition floristique de l’essai.....	4
4.3 La phénologie .....	6
4.3.1 Le taux de survie .....	6
4.3.2 Le délai de levée.....	6
4.3.3 Le délai de floraison.....	8
4.3.4 Le délai de fructification .....	10
4.3.5 Le délai entre levée et fructification.....	12
4.3.6 Le cas des espèces peu représentées .....	14
4.3.7 L’effet de l’irrigation.....	14
5 Conclusion.....	14

6	Annexes .....	15
6.1	Annexe 01 : Localisation des parcelles d'observation .....	16
6.2	Annexe 02 : Epoques de démarrage des observations.....	17
6.3	Annexe 03 : Données météorologiques .....	18
6.3.1	Données pluviométriques 2017 à 2019 .....	18
6.3.2	Données de températures 2017 à 2019.....	18
6.3.3	Graphes de la pluviométrie moyenne à Bassin Plat (2002-2019) .....	19
6.3.4	Graphes des moyennes de températures à Bassin Plat (2002-2019).....	19
6.4	Annexe 04 : Moyennes des températures selon les saisons.....	20
6.4.1	Pour deux saisons .....	20
6.4.2	Pour quatre saisons.....	21
6.5	Annexe 05 : Analyse de sol .....	22
6.6	Annexe 06 : Liste des espèces rencontrées.....	23
6.7	Annexe 07 : Survie des individus .....	25
6.8	Annexe 08 : Données pour les 14 espèces bien représentées par saison .....	26
6.9	Annexe 09 : Représentation des valeurs en box-plot .....	27
6.9.1	Délai de levée par saison (nombre de jours) .....	27
6.9.2	Délai de levée par espèce (nombre de jours).....	27
6.9.3	Délai de floraison par saison (nombre de jours) .....	28
6.9.4	Délai de floraison par espèce (nombre de jours).....	28
6.9.5	Délai de fructification par saison (nombre de jours).....	29
6.9.6	Délai de fructification par espèce (nombre de jours) .....	29
6.9.7	Délai entre levée et fructification par saison (nombre de jours) .....	30
6.9.8	Délai entre levée et fructification par espèce (nombre de jours).....	30
6.10	Annexe 10 : Données pour les espèces rares .....	31
6.11	Annexe 11 : Cas des parcelles irriguées vs parcelles sans irrigation.....	32
6.12	Annexe 12 : Représentation en box-plot pour le facteur irrigation .....	34
6.12.1	Délai de levée pour AMASS (nombre de jours) .....	34
6.12.2	Délai de levée pour CRIMI (nombre de jours) .....	34

# Détermination de la durée des stades phénologiques des mauvaises herbes

**Bassin Plat (Saint-Pierre – La Réunion) – 2017 - 2019**

## **1 INTRODUCTION**

La connaissance des traits de vie des mauvaises herbes est un élément du raisonnement de la gestion de l'enherbement. Notamment, la caractérisation de la phénologie des principales espèces selon les cycles culturaux devrait faciliter le positionnement des pratiques culturales en fonction de la dynamique des infestations des populations de mauvaises herbes.

Ces suivis visent à déterminer la durée des phases de développement des espèces levées et de vérifier si cette durée peut varier selon les saisons.

D'un point de vue pratique, il s'agit de connaître le délai de formation des graines pour assurer la destruction des plantes avant la production de semences afin d'éviter la reconstitution du stock semencier de la parcelle.

## **2 MATERIEL ET METHODE**

### **2.1 Le site d'implantation des parcelles d'observation**

#### **2.1.1 Localisation**

Les individus suivis pour l'observation des stades phénologiques ont été choisis sur des parcelles de la station Cirad de Bassin Plat à Saint-Pierre (La Réunion) ; l'altitude est de l'ordre de 150 m.

Les coordonnées moyennes sont les suivantes : 21°19'22'' de latitude Sud (-21.322777) et 55°29'27'' de longitude Est (55.490833).

#### **2.1.2 Caractéristiques du site d'implantation**

Les données climatiques (cf. annexe 03) sont obtenues par la rubrique Meteor de l'application SMART IS. La pluviométrie moyenne de la zone est de 830 mm/an.

Le sol est de type brun andique (cf. analyse de sol en annexe 05). Le pH est de l'ordre de 6,5.

### **2.2 Les périodes d'observation**

Les observations ont été réalisées à partir d'octobre 2017 et au cours des années 2018 et 2019 (cf. annexe).

### **2.3 La conduite des parcelles d'observation**

Les parcelles d'observations sont réparties sur la station en fonction des disponibilités de terrain (cf. plan de localisation annexe 01).

Avant une série d'observation (cf. annexe 02), les parcelles qui correspondent à la modalité (= à une date donnée) sont travaillées à la rotobèche ; la terre est retournée et le sol est décompacté ; cette opération élimine la végétation existante sur la parcelle qui est mise à nu. La levée de la flore spontanée est initiée par le travail du sol.

Une fois le travail du sol effectué, il s'agit de suivre le développement de la végétation.

Un seul facteur est étudié dans ce dispositif : la date de travail du sol, appelé ici retournement de la parcelle.

Aucune culture n'a été implantée.

Une partie des parcelles reçoit une irrigation d'appoint, alors qu'une autre partie ne reçoit aucun complément (cf. plan de localisation 01)

Chaque parcelle d'observation correspond à une bande de travail du sol de deux mètres de large sur une longueur de l'ordre de 10 m.

Les individus observés sont choisis sur ces parcelles au fur et à mesure de leur apparition.

## **2.4 Les observations réalisées**

Les notations des stades phénologiques sont réalisées sur un échantillon d'individus choisis sur chaque parcelle au fur et à mesure de la mise en place ; cette observation est effectuée en principe tous les trois ou quatre jours à partir de la levée des plantes (il est impossible de déterminer la date de germination ; l'observation commence après la levée, en principe dès le stade cotylédonaire). La notation concerne les stades suivants :

- cotylédons ;
- feuilles (comptage du nombre au stade plantule) ;
- floraison (apparition des fleurs ou des boutons floraux) ;
- fructification (apparition des fruits) ;
- maturité des fruits et dissémination des graines ;
- fin de cycle.

## **3 ANALYSES DES DONNEES**

Pour les espèces les plus représentées, quatre valeurs peuvent être calculées :

- le délai de levée : nombre de jours entre le retournement de la parcelle et l'observation des plantes au stade cotylédonaire ;
- le délai de floraison : nombre de jours entre la levée et l'apparition des fleurs ;
- le délai de fructification : nombre de jours entre l'apparition des fleurs et l'apparition des fruits ;
- le cycle levée-fructification : nombre de jours entre la levée de la plante et l'apparition des fruits, qui correspond à la somme (délai de floraison + délai de fructification).

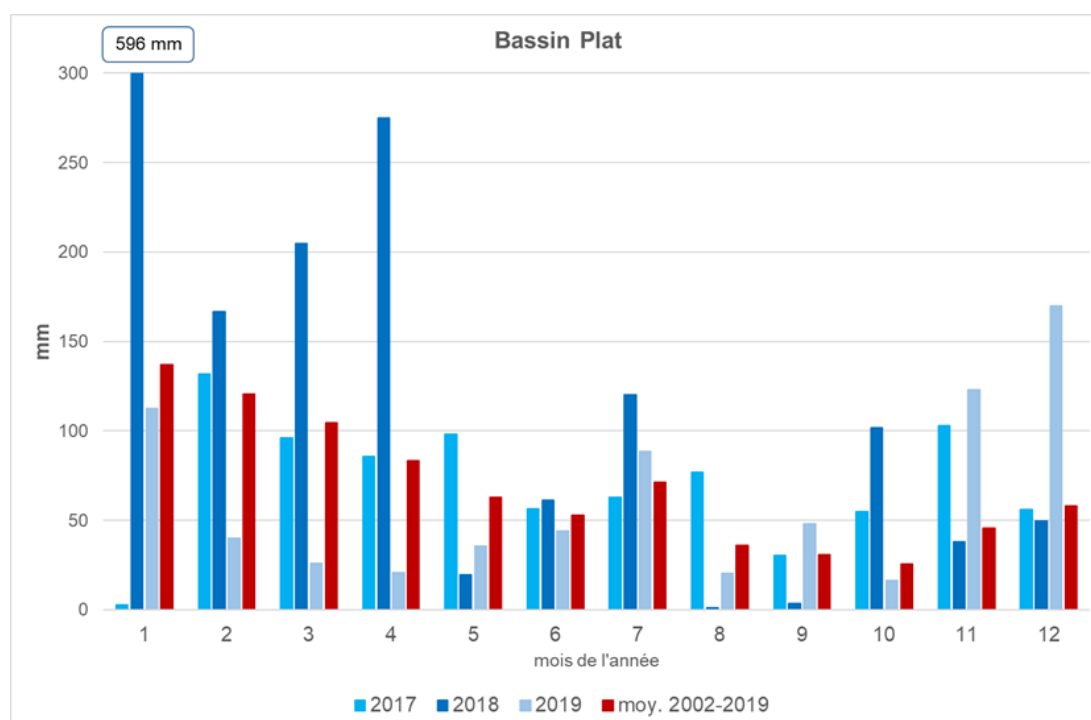
## 4 RESULTATS ET DISCUSSION

### 4.1 Conditions environnementales de l'essai

#### 4.1.1 La pluviométrie

Alors que la moyenne de pluviométrie est de l'ordre de 830 mm sur la station de Bassin Plat, les années 2018 et 2019 ont été bien différentes l'une de l'autre avec respectivement 1638 mm et 747 mm. Le début de l'année 2018 a été marqué par de fortes pluies cycloniques, alors qu'une sécheresse a frappé les mois de février à avril 2019. Les mois d'août et septembre de 2018 ont été très secs (cf. figure 01).

**Figure 01 :** Pluviométrie mensuelle à la station de Bassin Plat de 2017 à 2019 et moyenne.



#### 4.1.2 Les températures

L'année se partage en deux saisons contrastées (cf. figure 02 et annexe 04) :

- saison chaude : novembre, décembre, janvier, février, mars et avril, avec des maxima de l'ordre de 30 à 32°C ;
- saison fraîche : mai, juin, juillet, août, septembre et octobre, avec des minima de l'ordre de 16 à 20°C.

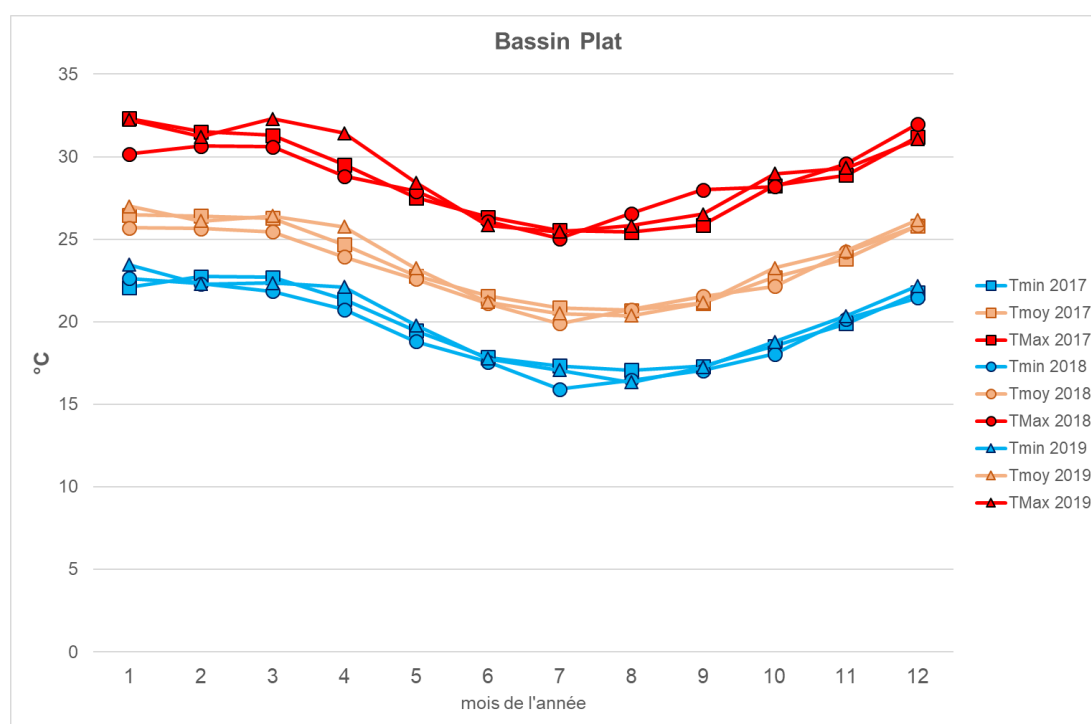
Il est possible d'affiner le découpage avec les saisons intermédiaires (cf. tableau 01) :

- A : saison chaude ; décembre, janvier, février, mars ;
- B : saison intermédiaire 1 ; avril, mai ;
- C : saison fraîche ; juin, juillet, août, septembre ;
- D : saison intermédiaire 2 ; octobre, novembre.

**Tableau 01 :** Moyenne des températures minimales, moyennes et maximales pour quatre saisons sur 2017 à 2019

	A	B	C	D	Total
Moyenne de Température minimum (°C)	22,3	20,4	17,1	19,3	19,7
Moyenne de Température moyenne (°C)	26,1	23,8	20,9	23,4	23,5
Moyenne de Température maximum (°C)	31,4	28,9	26,0	28,9	28,8

**Figure 02 :** Courbes des températures maximales, moyennes et minimales par mois à la station de Bassin Plat de 2017 à 2019



## 4.2 La composition floristique de l'essai

38 espèces (cf. annexe 06) ont été suivies sur les parcelles ; elles se répartissent en 18 familles :

- 7 espèces de monocotylédones avec 2 familles, dont les Poaceae avec 6 espèces ;
- 31 espèces de dicotylédones appartenant à 16 familles, notamment Fabaceae (5 espèces), Asteraceae (4 espèces), Solanaceae (3 espèces), etc.



Seules 14 espèces assez bien représentées ont été retenues (cf. tableau 02) pour extraire les informations sur leur comportement ; pour les autres, le nombre d'individus suivis est trop faible (cf. annexe 08).

**Tableau 02 :** Liste des espèces les plus importantes avec le nombre d'individus suivis par saison

code	espèce	A	B	C	D	T
CRIMI	<i>Cardiospermum microcarpum</i>	39	53	103	18	213
BIDPI	<i>Bidens pilosa</i>	25	81	58	23	187
EPHHL	<i>Euphorbia heterophylla</i>	57	55	65	10	187
AMASS	<i>Amaranthus sp</i>	34	11	36	16	97
NICPH	<i>Nicandra physalodes</i>	1	34	34	2	71
LEVLA	<i>Leucas lavandulifolia</i>	13	10	36		59
ARGME	<i>Argemone mexicana</i>		12	40	1	53
IPOOB	<i>Ipomoea obscura</i>	18	6	17	6	47
PLALA	<i>Plantago lanceolata</i>		12	30	3	45
SOLAM	<i>Solanum americanum</i>		9	32		41
SIDAL	<i>Sida alba</i>	20	6	11	2	39
ACNHI	<i>Acanthospermum hispidum</i>	3	9	8	6	26
MAVCO	<i>Malvastrum coromandelianum</i>	15	4	1	1	21
COPDI	<i>Lepidium didymum</i>		7	13		20
<b>Total</b>		<b>225</b>	<b>309</b>	<b>484</b>	<b>88</b>	<b>1106</b>

A : décembre, janvier, février, mars – B : avril, mai – C : juin, juillet, août, septembre – D : octobre, novembre

Les nombres d'individus observés ne sont pas répartis équitablement selon les saisons. Notamment, les espèces de saisons fraîches (B et C), telles que *Nicandra physalodes*, *Argemone mexicana*, *Plantago lanceolata* ou *Lepidium didymum* ne sont que très peu présentes en saison chaude (A et D).

### 4.3 La phénologie

#### 4.3.1 Le taux de survie

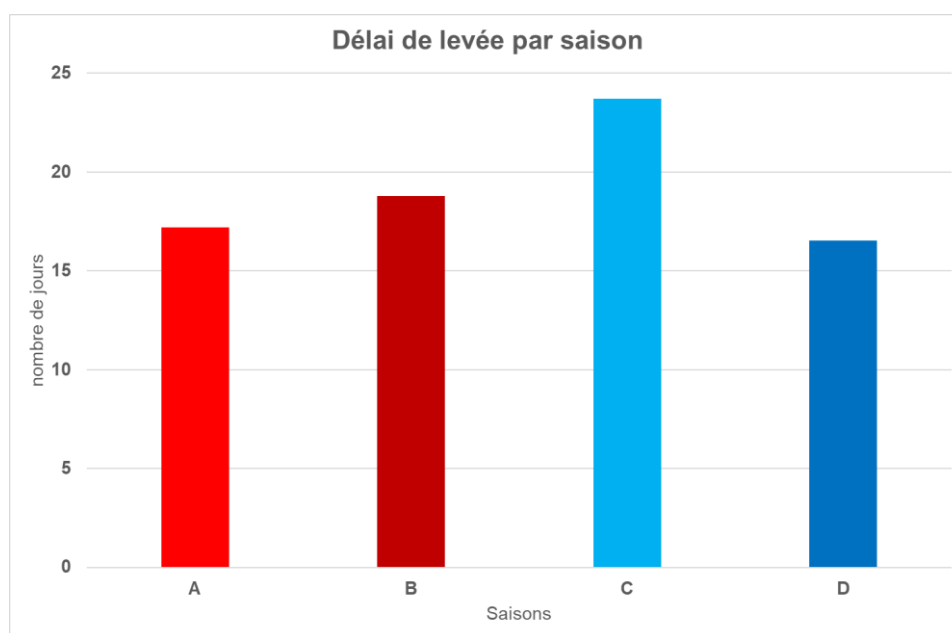
Les suivis des stades phénologiques ne sont pas possibles sur l'ensemble des individus choisis à la levée ; une certaine mortalité se produit : le nombre d'individus observés à la floraison et à la fructification décroît par rapport au nombre d'individus choisis à la levée (cf. annexe 07). Les pertes sont de l'ordre de 26% en moyenne pour la floraison, mais elles atteignent 69% pour *Plantago lanceolata* et 53% pour *Ipomoea obscura*.

#### 4.3.2 Le délai de levée

Après le retournement de la parcelle, le délai de levée des plantules est en moyenne de 20 jours (moyenne sur les 14 espèces les plus représentées – cf. annexe 08) : ce délai passe de 17 jours en saison chaude à 24 jours en saison fraîche (cf. figure 03).

Le tableau 03 indique les différences significatives (test statistique non paramétrique Kruskal-Wallis) calculées sur les médianes (en annexe 09, les données sont présentées en box-plot).

**Figure 03 :** Délai moyen de levée selon la saison pour 14 espèces



A : décembre, janvier, février, mars – B : avril, mai – C : juin, juillet, août, septembre – D : octobre, novembre

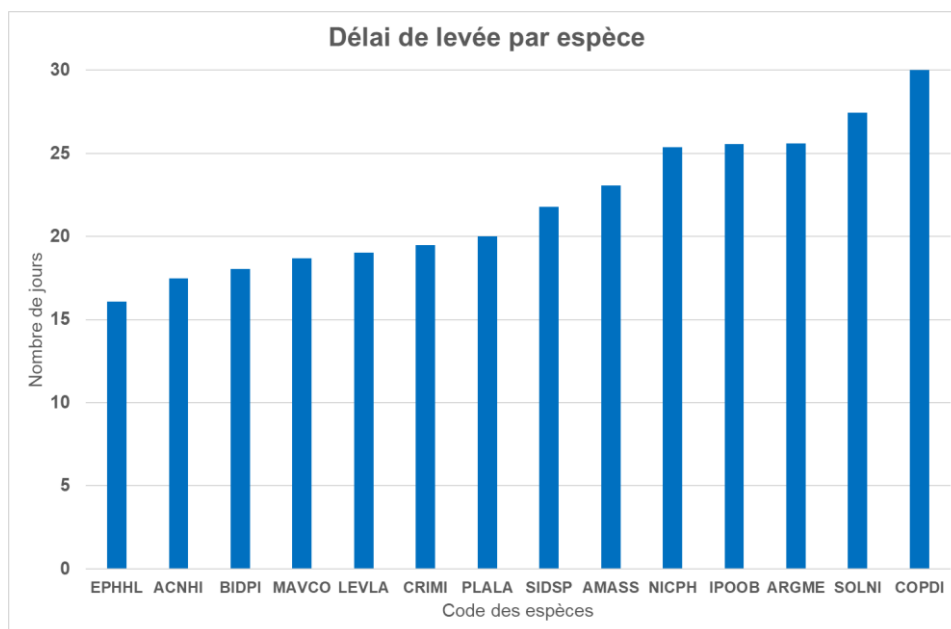
**Tableau 03 :** Moyenne et médiane des délais de levée par saison pour 14 espèces (en nombre de jours)

saison	A	B	C	D	ens
moyenne	17	19	24	17	20
médiane	16	16	23	14	19
signification	a	a	b	a	-

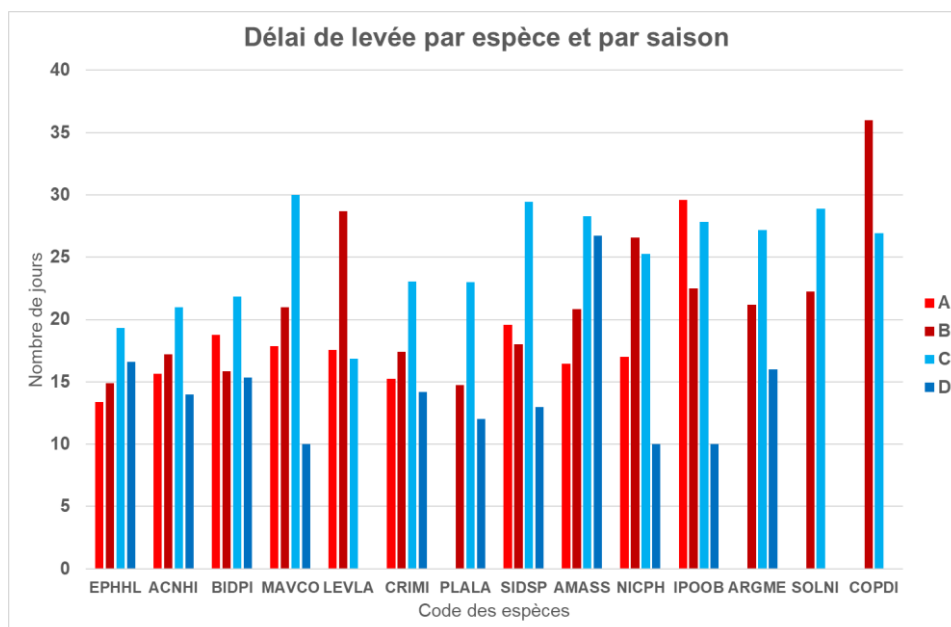
A : décembre, janvier, février, mars – B : avril, mai – C : juin, juillet, août, septembre – D : octobre, novembre

La figure 04 indique le délai moyen de levée pour les 14 espèces les plus représentées avec une variation qui va de 16 jours pour *Euphorbia heterophylla* à 30 jours pour *Lepidium didymum*. La figure 05 détaille ce délai par saison pour chacune des espèces : globalement, le délai s'allonge en saison fraîche par rapport à la saison chaude.

**Figure 04 :** Délai moyen de levée pour 14 espèces



**Figure 05 :** Délai de levée selon la saison pour 14 espèces



A : décembre, janvier, février, mars – B : avril, mai – C : juin, juillet, août, septembre – D : octobre, novembre

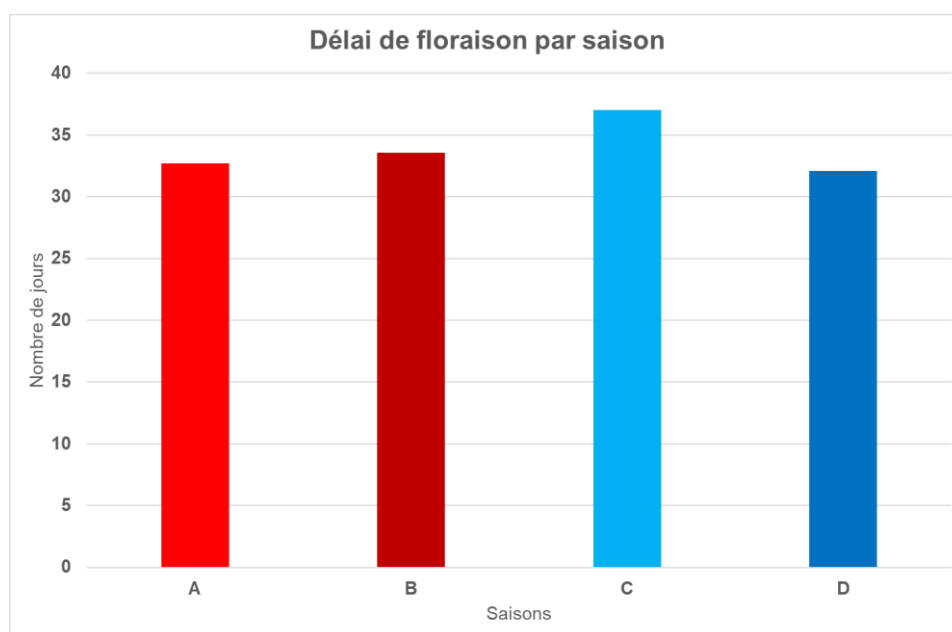
### 4.3.3 Le délai de floraison

Le délai moyen de floraison est de l'ordre de 35 jours après la levée (moyenne sur les 14 espèces les plus représentées – cf. annexe 08).

En moyenne, ce délai varie assez peu selon la saison de levée (cf. figure 06), mais il est très variable selon les espèces : *Acanthospermum hispidum* fleurit 24 jours, alors que *Argemone mexicana* ou *Solanum americanum* vont mettre une cinquantaine de jours (cf. figures 07 et 08).

Le tableau 04 indique les différences significatives (test statistique non paramétrique Kruskal-Wallis) calculées sur les médianes (en annexe 09, les données sont présentées en box-plot).

**Figure 06 :** Délai moyen de floraison selon la saison de levée pour 14 espèces



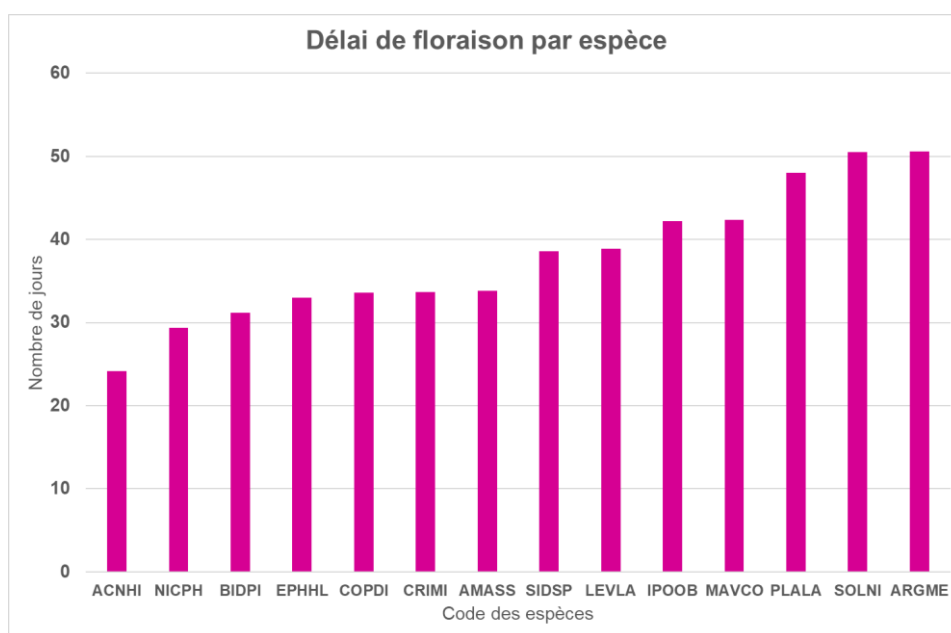
A : décembre, janvier, février, mars – B : avril, mai – C : juin, juillet, août, septembre – D : octobre, novembre

**Tableau 04 :** Moyenne et médiane des délais de floraison par saison de levée pour 14 espèces (en nombre de jours)

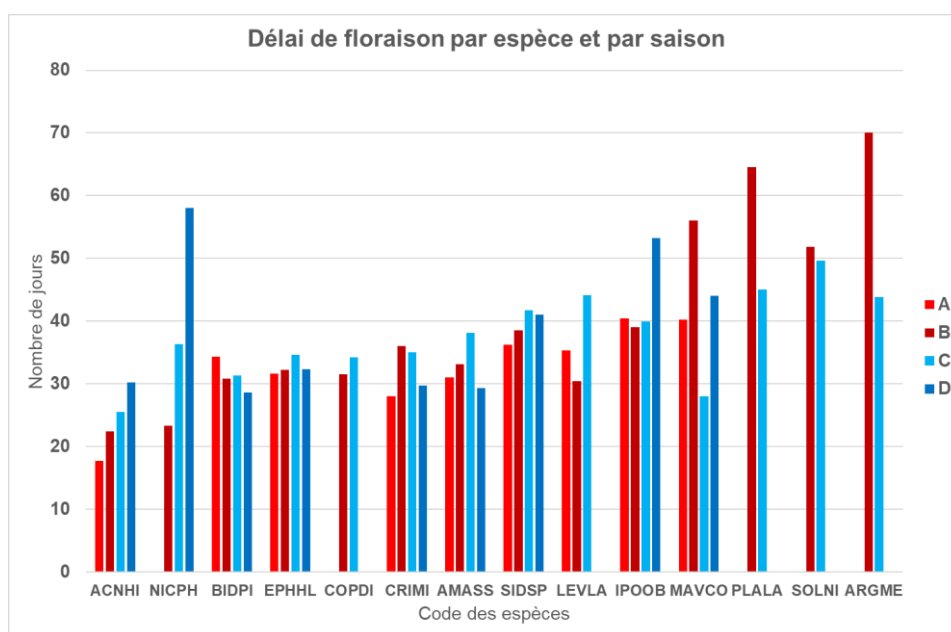
saison	A	B	C	D	ens
moyenne	33	34	38	32	35
médiane	31	31	36	28	32
signification	a	a	b	a	-

A : décembre, janvier, février, mars – B : avril, mai – C : juin, juillet, août, septembre – D : octobre, novembre

**Figure 07 :** Délai moyen de floraison après la levée pour 14 espèces



**Figure 08 :** Délai de floraison après la levée selon la saison de levée pour 14 espèces.



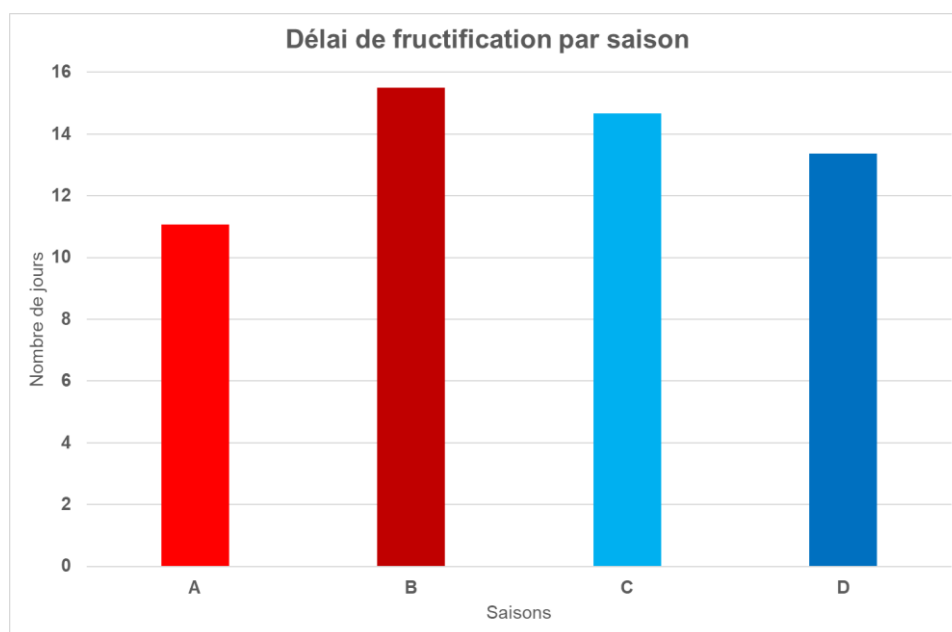
A : décembre, janvier, février, mars – B : avril, mai – C : juin, juillet, août, septembre – D : octobre, novembre

#### 4.3.4 Le délai de fructification

La fructification intervient en moyenne 14 jours après la floraison (moyenne sur les 14 espèces les plus représentées – cf. annexe 08) avec une variation selon la saison de levée, 11 jours en saison chaude à 15 jours en saison fraîche (cf. figure 09). Le délai de fructification varie beaucoup entre chaque espèce (cf. figures 10 et 11).

Le tableau 05 indique les différences significatives (test statistique non paramétrique Kruskal-Wallis) calculées sur les médianes (en annexe 09, les données sont présentées en box-plot).

**Figure 09 :** Délai moyen de fructification après la floraison selon la saison de levée pour 14 espèces



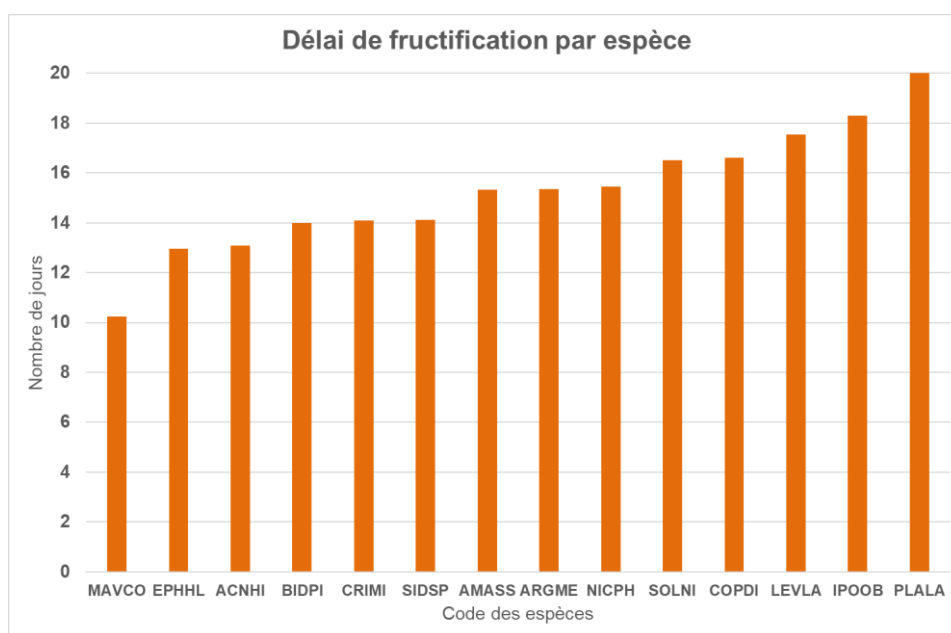
A : décembre, janvier, février, mars – B : avril, mai – C : juin, juillet, août, septembre – D : octobre, novembre

**Tableau 05 :** Moyenne et médiane des délais de fructification par saison de levée pour 14 espèces (en nombre de jours)

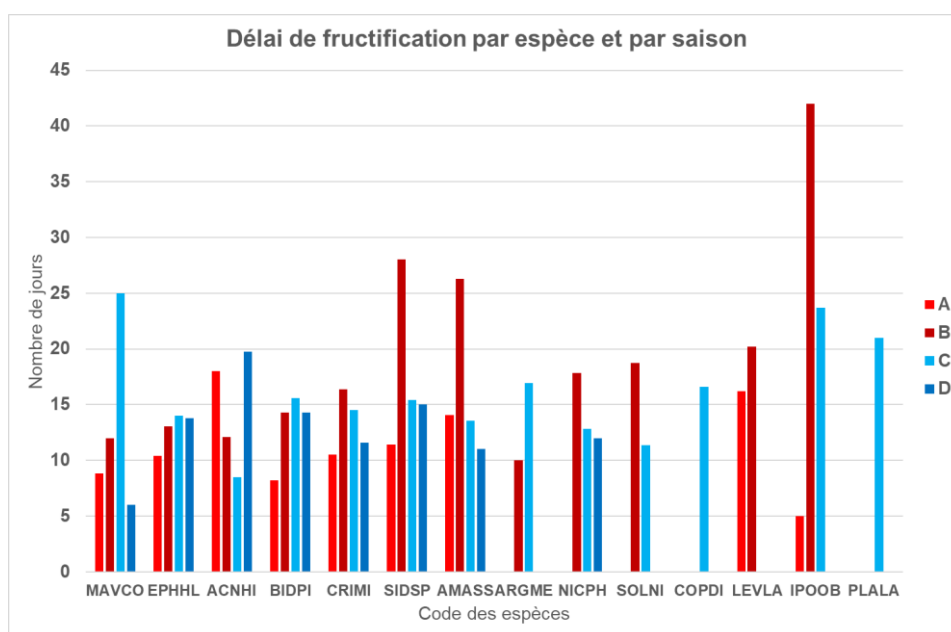
saison	A	B	C	D	ens
moyenne	11	15	15	13	14
médiane	10	14	14	13	14
signification	a	c	bc	b	-

A : décembre, janvier, février, mars – B : avril, mai – C : juin, juillet, août, septembre – D : octobre, novembre

**Figure 10 :** Délai moyen de fructification après la floraison pour 14 espèces



**Figure 11 :** Délai de fructification après la floraison selon la saison de levée pour 14 espèces.



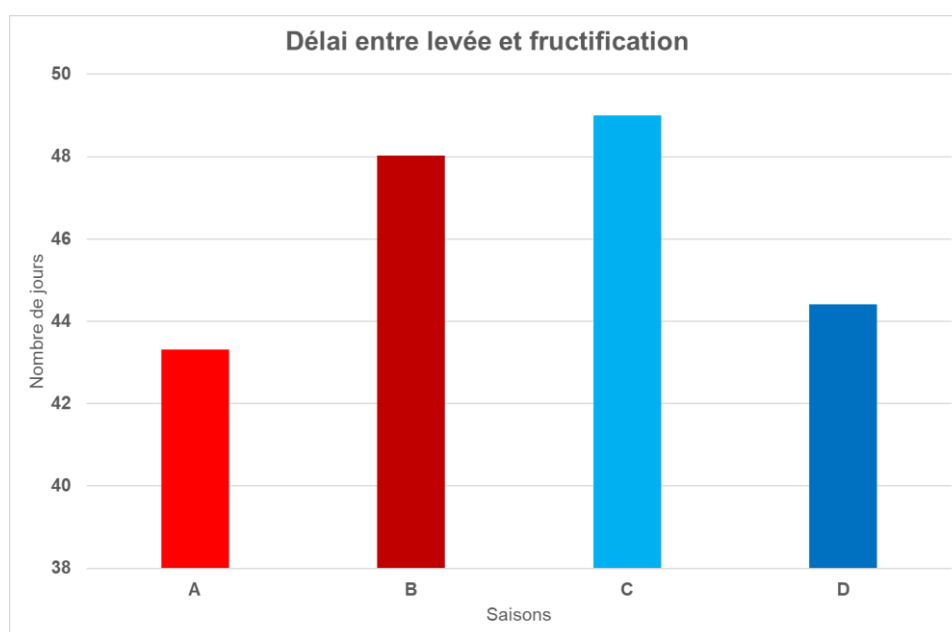
A : décembre, janvier, février, mars – B : avril, mai – C : juin, juillet, août, septembre – D : octobre, novembre

### 4.3.5 Le délai entre levée et fructification

Les figures 12 à 14 indiquent le délai entre levée et de fructification : il est en moyenne de 47 jours (moyenne sur les 14 espèces les plus représentées – cf. annexe 08). Cette valeur varie selon la saison de levée et l'espèce considérée.

Le tableau 06 indique les différences significatives (test statistique non paramétrique Kruskal-Wallis) calculées sur les médianes (en annexe 09, les données sont présentées en box-plot).

**Figure 12 :** Délai moyen entre levée et de fructification selon la saison de levée pour 14 espèces



A : décembre, janvier, février, mars – B : avril, mai – C : juin, juillet, août, septembre – D : octobre, novembre

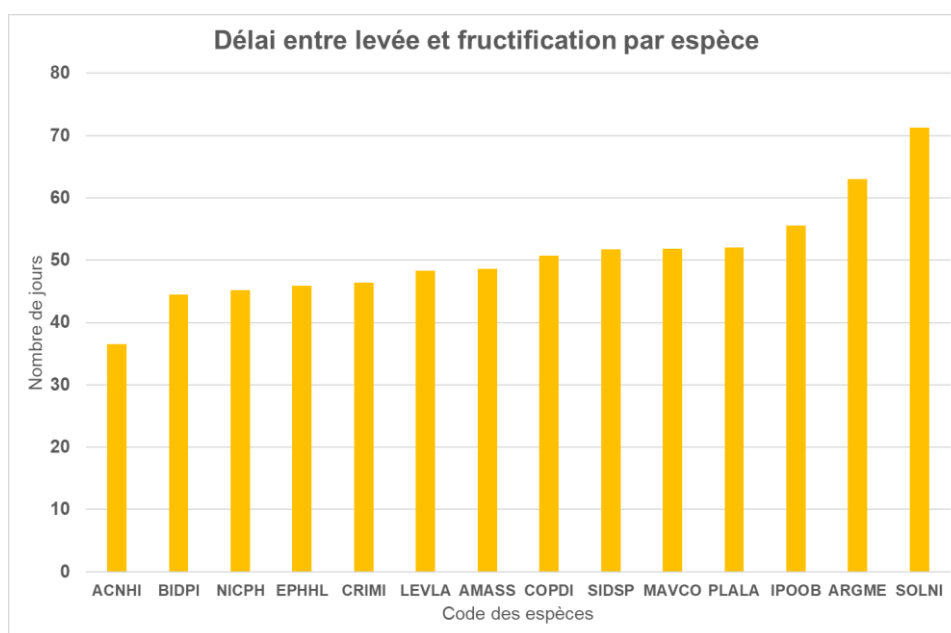
**Tableau 06 :** Moyenne et médiane des délais entre levée et fructification par saison de levée pour 14 espèces (en nombre de jours)

saison	A	B	C	D	ens
moyenne	43	48	49	44	47
médiane	41	46	49	42	46
signification	a	b	c	ab	-

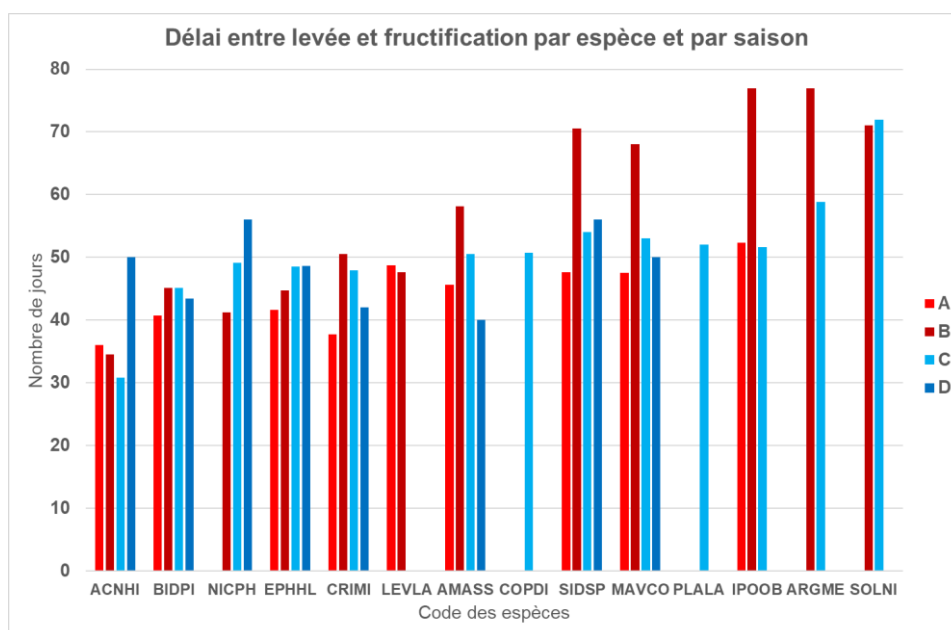
A : décembre, janvier, février, mars – B : avril, mai – C : juin, juillet, août, septembre – D : octobre, novembre



**Figure 13 :** Délai moyen entre levée et fructification pour 14 espèces



**Figure 14 :** Délai entre levée et fructification après la levée selon la saison de levée pour 14 espèces.



A : décembre, janvier, février, mars – B : avril, mai – C : juin, juillet, août, septembre – D : octobre, novembre

#### 4.3.6 Le cas des espèces peu représentées

Le tableau en annexe 10 donne la durée des stades phénologiques pour les espèces les plus rares de l'essai : ces données sont à prendre avec précaution vu le très faible nombre d'individus pris en compte.

#### 4.3.7 L'effet de l'irrigation

Une partie seulement des parcelles d'observations ont bénéficié d'une irrigation de complément (cf. annexe 01) : au bilan sur les 1106 individus choisis pour les 14 espèces les mieux représentées, 775 ont été en situation d'irrigation et 337 ont poussé sans irrigation.

Le tableau en annexe 11 donne les valeurs de délai de levée, de délai de floraison et de délai de fructification pour ces 14 espèces. La signification d'un test statistique non paramétrique (Kruskal-Wallis) effectué sur les valeurs médianes montre que certaines espèces sont sensibles à ce facteur irrigation :

- Pour la levée, les individus ayant bénéficié d'irrigation lèvent en moyenne 7 jours avant les autres (18 jours vs 25 jours). L'annexe 12 donne une représentation des valeurs en box-plot de la levée de deux espèces : l'une, *Amaranthus sp*, n'est pas sensible, alors que pour *Cardiospermum microcarpum*, la différence est d'une dizaine de jours.
- Pour la floraison, seules quatre espèces sont sensibles à l'irrigation ; la floraison est plus rapide sous irrigation pour *Bidens pilosa* et *Leucas lavandulifolia* (respectivement 8 et 10 jours de plus en sec), alors qu'elle est plus lente pour *Argemone mexicana* et *Cardiospermum microcarpum* (respectivement 20 et 6 jours de plus sous irrigation).
- La fructification ne semble pas sensible à l'irrigation, hormis pour *Argemone mexicana*, qui fructifie pour vite sous irrigation.

## 5 CONCLUSION

Ces suivis de phénologie des espèces qui peuvent se comporter comme mauvaises herbes des cultures, répondent bien positivement aux deux questions :

- Est-ce que les espèces ont des durées de développement différentes ?
- Est-ce que ces durées varient selon les saisons ?

Pour les 14 espèces bien représentées, les délais de levée, floraison et fructification sont bien différents avec des écarts allant du simple au double en nombre de jours. Pour les espèces plus rares, ces écarts sont encore plus grands, mais ils demandent à être confirmés par la suite.

Les valeurs exprimées en nombres de jours intéressent l'agriculteur qui doit connaître la marge de manœuvre dont il dispose pour réaliser ses opérations de désherbage. Cependant, pour affiner la compréhension de ces traits de vie, il sera nécessaire de reprendre ces données en les exprimant en degré-jours.

## **6** **ANNEXES**

### **Détermination de la durée des stades phénologiques des mauvaises herbes**

**Bassin Plat (Saint-Pierre – La Réunion) – 2017 - 2019**

## 6.1 Annexe 01 : Localisation des parcelles d'observation



Parcelles de la station de Bassin Plat (Saint-Pierre)

- BPL23
  - A : haut irrigué
  - B : haut irrigué (ex parcelle pueraria)
- BPL25
  - C : bas irrigué ou non
- BPL 24
  - D : parcelle de suivi de levée (ex parcelle canavalia)

## 6.2 Annexe 02 : Epoques de démarrage des observations

Nombre d'individus choisis par mois et par année pour chacune des quatre parcelles d'observation (cf. annexe 01)

date	A	B	C	D	Total
<b>2017</b>	<b>20</b>		<b>10</b>		<b>30</b>
octobre	20		10		30
<b>2018</b>	<b>163</b>		<b>149</b>		<b>312</b>
février	32		30		62
avril			16		16
mai	33		53		86
juillet	29				29
août	22		20		42
septembre	47		30		77
<b>2019</b>	<b>236</b>	<b>91</b>	<b>209</b>	<b>228</b>	<b>764</b>
janvier	28		27	27	82
février	29	5		25	59
mars	20		10	10	40
avril	54		70	9	133
mai	37	18	20	19	94
juin	28	10		59	97
août	20	20	82	79	201
septembre	20	19			39
octobre		19			19
<b>Total général</b>	<b>419</b>	<b>91</b>	<b>368</b>	<b>228</b>	<b>1106</b>

## 6.3 Annexe 03 : Données météorologiques

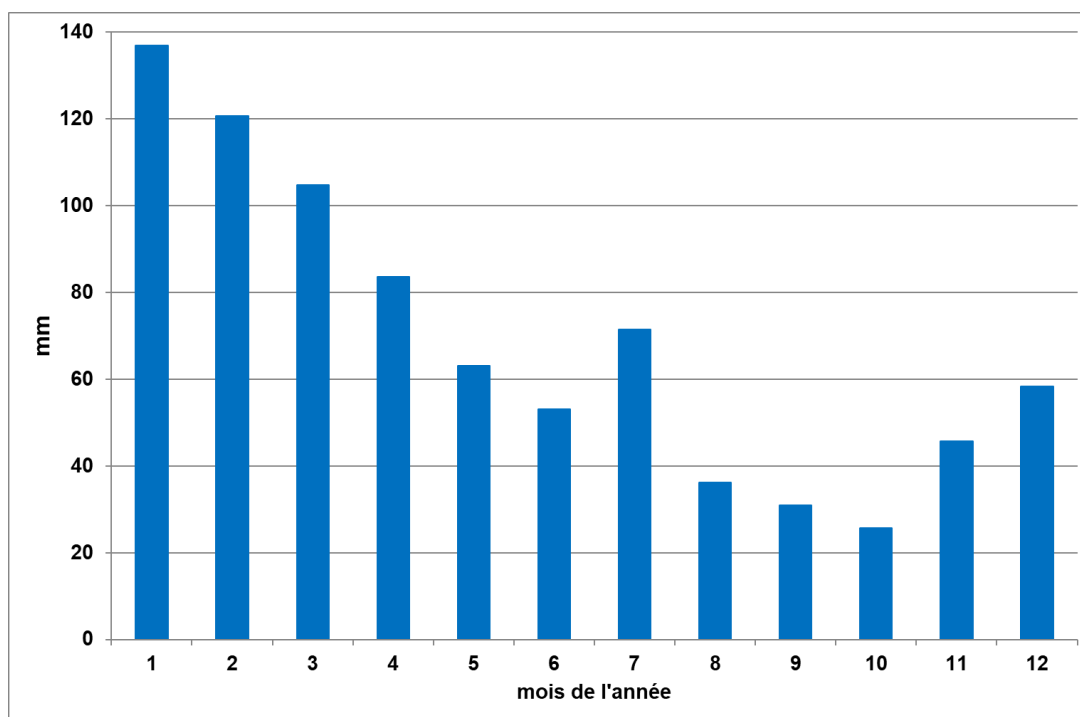
### 6.3.1 Données pluviométriques 2017 à 2019

mois	2017	2018	2019	moy. 2002-2019
1	2,7	595,9	112,5	136,9
2	131,8	166,7	40,2	120,5
3	96,3	204,8	26,2	104,6
4	85,9	274,9	20,7	83,5
5	98,1	19,5	35,6	63,0
6	56,6	61,4	44,2	53,1
7	62,8	120,2	88,6	71,5
8	77	1,3	20,6	36,1
9	30,5	3,7	48,2	30,9
10	54,8	101,8	16,6	25,7
11	103,1	38,1	123,2	45,7
12	56	49,6	169,9	58,3

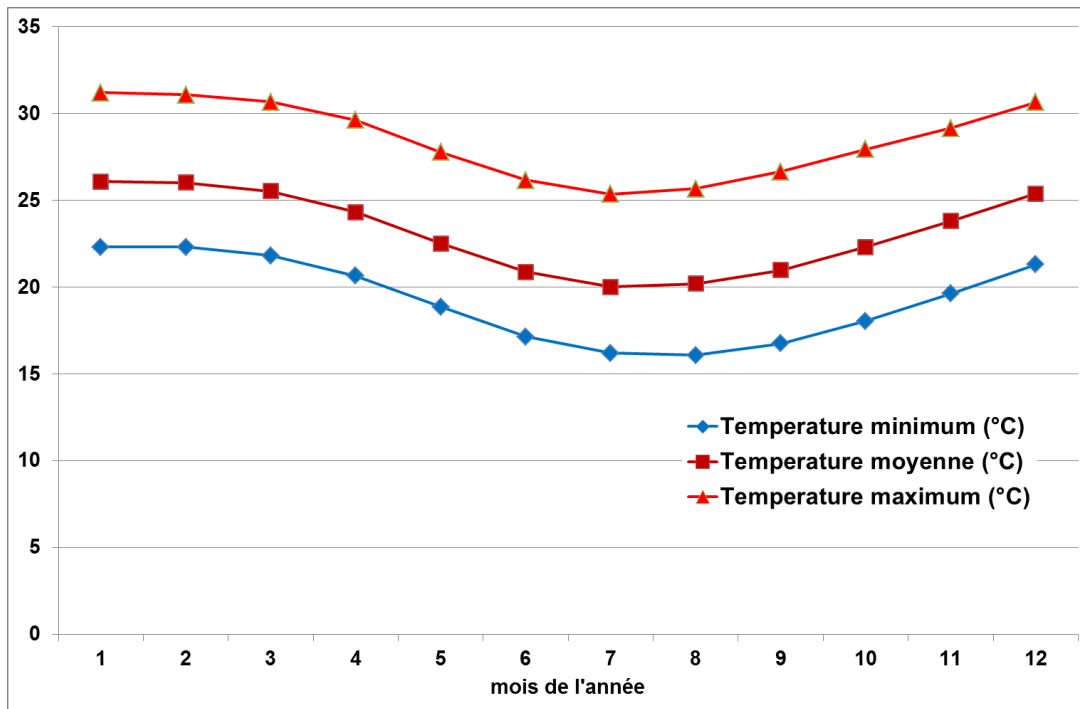
### 6.3.2 Données de températures 2017 à 2019

	2017			2018			2019		
mois	Tmin	Tmoy	TMax	Tmin	Tmoy	TMax	Tmin	Tmoy	TMax
1	22	26	32	23	26	30	23	27	32
2	23	26	32	22	26	31	22	26	31
3	23	26	31	22	25	31	22	26	32
4	21	25	30	21	24	29	22	26	31
5	19	23	28	19	23	28	20	23	28
6	18	22	26	18	21	26	18	21	26
7	17	21	26	16	20	25	17	20	25
8	17	21	25	16	21	27	16	20	26
9	17	21	26	17	22	28	17	21	27
10	19	23	28	18	22	28	19	23	29
11	20	24	29	20	24	30	20	24	29
12	22	26	31	21	26	32	22	26	31
Total	20	24	29	19	23	29	20	24	29

### 6.3.3 Graphes de la pluviométrie moyenne à Bassin Plat (2002-2019)



### 6.3.4 Graphes des moyennes de températures à Bassin Plat (2002-2019)



## 6.4 Annexe 04 : Moyennes des températures selon les saisons

### 6.4.1 Pour deux saisons

	saison	chaude	fraiche	ens.
	année	S1	S2	-
Température minimum (°C)	2017	21.8	17.9	19.8
	2018	21.5	17.3	19.4
	2019	22.1	17.8	20.0
Température moyenne (°C)	2017	25.6	21.6	23.6
	2018	25.1	21.3	23.2
	2019	26.0	21.6	23.8
Température maximum (C)	2017	30.8	26.5	28.6
	2018	30.3	27.0	28.6
	2019	31.3	26.9	29.0
Moyenne de Température minimum (°C)	ens.	21.8	17.7	19.7
Moyenne de Température moyenne (°C)	ens.	25.6	21.5	23.5
Moyenne de Température maximum (°C)	ens.	30.8	26.8	28.8

S1 : novembre, décembre, janvier, février, mars, avril – S2 : mai, juin, juillet, août, septembre, octobre



#### 6.4.2 Pour quatre saisons

	saison	A	B	C	D	Total général
Température minimum (C)	2017	22.3	20.4	17.4	19.2	19.8
	2018	22.1	19.8	16.7	19.1	19.4
	2019	22.6	20.9	17.1	19.6	20.0
Température moyenne (C)	2017	26.2	23.7	21.1	23.3	23.6
	2018	25.7	23.3	20.8	23.2	23.2
	2019	26.4	24.5	20.8	23.8	23.8
Température maximum (C)	2017	31.6	28.5	25.8	28.6	28.6
	2018	30.9	28.4	26.4	28.9	28.6
	2019	31.7	29.9	25.9	29.1	29.0
Moyenne de Température minimum (°C)	ens.	22.3	20.4	17.1	19.3	19.7
Moyenne de Température moyenne (°C)	ens.	26.1	23.8	20.9	23.4	23.5
Moyenne de Température maximum (°C)	ens.	31.4	28.9	26.0	28.9	28.8

A : décembre, janvier, février, mars – B : avril, mai – C : juin, juillet, août, septembre – D : octobre, novembre

## 6.5 Annexe 05 : Analyse de sol

Pour la zone D (cf. annexe 01)



CIRAD Réunion  
40 ch Grand Canal - CS12014  
97743 St-Denis cedex 9  
Tel : 0262 52 80 19  
Fax : 0262 52 80 01

Le 28/05/2019 à 8:42:25  
Diagnostic de l'échantillon 150193 par Marion  
COLLINET

### Bulletin d'analyse de sol

Référence Client: Bassin Plat ex Ionavalia

Exploitant	Nom, Prénom	CIRAD La Bretagne
	N° CTICS	
	Adresse	97743 ST-DENIS CEDEX9
Demandeur	Structure	CIRAD AIDA
	Technicien	Marnotte Pascal
Localisation	Lieu de prélèvement	ST-PIERRE BASSIN PLAT
	Latitude, Longitude	7641348, 343452
	N° îlot	
Echantillon	Type de sol	Brun andique
	Réf. Cirad	2019-0114-150193
Données Cultures	Type de Culture	Frches
	Surface (ha)	0
	Irrigation	Non irrigué
	Rendements (t/ha)	Potentiel: , Espéré: 0
	Type de coupe	
	Apport de cendre (t/ha)	0.00
	Apport de M.O.	

Caractéristique	Valeur	Min. Souhaité	Faible--	Faible	Moyen	Fort	Fort++
pH H2O	6.57	5.50					
pH HKCl	5.53						
N g/kg de sol sec	1.35	2.40					
Nmin kg/ha/an	75.27	150.00					
C g/kg de sol sec	14.43	25.00					
C/N	10.7	11.60					
P mg/kg de sol sec	53.15	200.00					
K cmol(+)/kg de sol sec	1.06	0.45					
Ca cmol(+)/kg de sol sec	7.01	2.00					
Mg cmol(+)/kg de sol sec	5.35	1.00					
Na cmol(+)/kg de sol sec	0.18	0.05					
S. bases cmol(+)/kg de sol sec	13.6						
CEC cmol(+)/kg de sol sec	15.43	11.00					
sat %	88.09	85.00					
KCEC %	6.87	4.00					
Mg/Ca	0.76	0.50					

## 6.6 Annexe 06 : Liste des espèces rencontrées

Les plantes sont ordonnées par classe, famille, genre et espèces avec le code EPPO <sup>1</sup> et des noms locaux à La Réunion

Famille	Espèce	code EPPO	noms communs
<b>Monocotylédones</b>			
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i> L.	CYPRO	zoumine
Poaceae	<i>Brachiaria</i> sp	BRASS	-
Poaceae	<i>Cenchrus biflorus</i> Roxb.	CCHBI	-
Poaceae	<i>Digitaria</i> sp	DIGSS	digitaire
Poaceae	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	ELEIN	chiendent pied de poule
Poaceae	<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	RHYRE	herbe rose
Poaceae	<i>Sorghum arundinaceum</i> (Desv.) Stapf	SORAR	maïs cafre
<b>Dicotylédones</b>			
Aizoaceae	<i>Trianthema protulacastrum</i>	TRTPO	brède cacayanga
Amaranthaceae	<i>Amaranthus viridis</i> L.	AMAVI	pariétaire, paillatère
Asteraceae	<i>Acanthospermum hispidum</i>	ACNHI	Asteraceae
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L.	BIDPI	piquant
Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	SONOL	lastron tendre
Asteraceae	<i>Sigesbeckia orientalis</i> L.	SIKOR	colle-colle, guérit vite
Brassicaceae	<i>Brassica juncea</i> (L.) Czern.	BRSJU	moutarde chinoise
Brassicaceae	<i>Lepidium didymum</i> L.	COPDI	herbe cressonette
Convolvulaceae	<i>Ipomoea eriocarpa</i> R.Br.	IPOER	-
Convolvulaceae	<i>Ipomoea obscura</i> (L.) Ker-Gawler	IPOOB	liane toupie, liseron fleur blanc
Cucurbitaceae	<i>Momordica charantia</i> L.	MOMCH	margose
Cucurbitaceae	<i>Coccinia grandis</i> (L.) Voigt	COCGR	ti concombre rouge
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	EPHHL	herbe de lait
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hypericifolia</i> L.	EPHGF	-
Fabaceae	<i>Crotalaria trichotoma</i>	CVTSS	-
Fabaceae	<i>Desmanthus virgatus</i> (L.) Willd.	DEMVI	ti cassi
Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	LUAGL	cassie blanc

<sup>1</sup> **EPPO** : European and Mediterranean Plant Protection Organization (cf. <https://gd.eppo.int/>)

Famille	Espèce	code EPPO	noms communs
Fabaceae	<i>Mucuna pruriens</i> (L.) DC.	MUCPR	poil à gratter
Fabaceae	<i>Tephrosia noctiflora</i> Baker	TEPNO	-
Lamiaceae	<i>Leucas lavandulifolia</i> Sm.	LEVLA	tombé
Malvaceae	<i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Garcke	MAVCO	herbe dure
Malvaceae	<i>Sida alba</i> L.	SIDLB	herbe dure
Oxalidaceae	<i>Oxalis debilis</i> var. <i>corymbosa</i> (DC.) Lourteig	OXACB	trèfle
Oxalidaceae	<i>Oxalis latifolia</i> Kunth	OXALA	gros trèfle
Papaveraceae	<i>Argemone mexicana</i> L.	ARGME	chardon
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus amarus</i> Schumach. & Thonn.	PYLAM	ti tamarin blanc
Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i> L.	PLALA	ti plantain
Sapindaceae	<i>Cardiospermum microcarpum</i> Kunth	CRIMI	liane poc-poc
Solanaceae	<i>Datura innoxia</i> P.Miller	DATIN	herbe à Sitarane
Solanaceae	<i>Nicandra physalodes</i> (L.) Gaertn.	NICPH	poc poc fleur bleue
Solanaceae	<i>Solanum americanum</i> Mill.	SOLAM	brède morelle

## 6.7 Annexe 07 : Survie des individus

Pour les 14 espèces les plus représentées, nombre d'individus à la levée, nombre d'individus observés à la floraison, puis à la fructification ; calcul du taux de survie (% diff.).

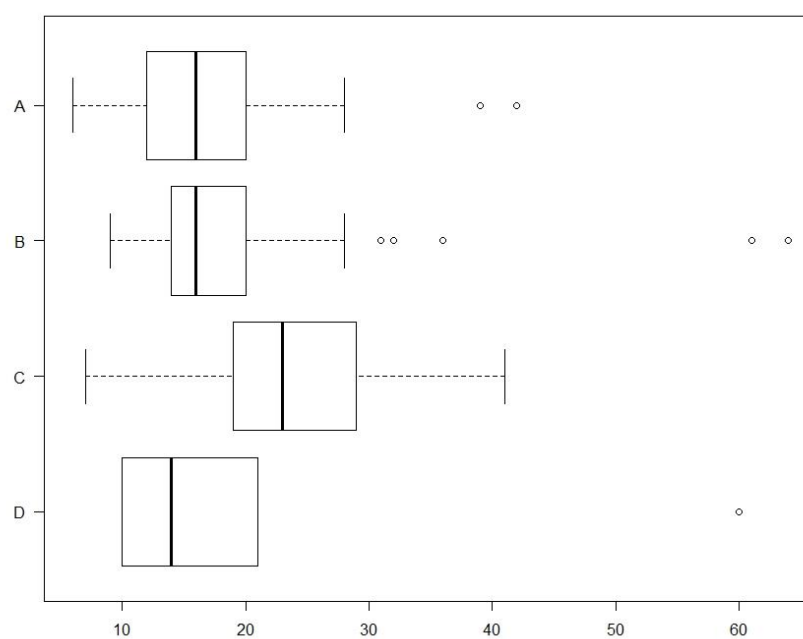
Espèces	nb levée	nb floraison	nb fructification	diff. levée- floraison	diff. levée- fructification	diff. floraison- fructification	% diff. levée- floraison	% diff. levée- fructification	% diff. floraison- fructification
<i>Acanthospermum hispidum</i>	26	24	21	2	5	3	8	19	13
<i>Amaranthus sp</i>	97	62	46	35	51	16	36	53	26
<i>Argemone mexicana</i>	53	31	22	22	31	9	42	58	29
<i>Bidens pilosa</i>	187	175	147	12	40	28	6	21	16
<i>Cardiospermum microcarpum</i>	213	179	144	34	69	35	16	32	20
<i>Euphorbia heterophylla</i>	187	141	118	46	69	23	25	37	16
<i>Ipomoea obscura</i>	47	22	7	25	40	15	53	85	68
<i>Lepidium didymum</i>	20	16	10	4	10	6	20	50	38
<i>Leucas lavandulifolia</i>	59	37	15	22	44	22	37	75	59
<i>Malvastrum coromandelianum</i>	21	18	16	3	5	2	14	24	11
<i>Nicandra physalodes</i>	71	54	38	17	33	16	24	46	30
<i>Plantago lanceolata</i>	45	14	1	31	44	13	69	98	93
<i>Sida alba</i>	39	29	24	10	15	5	26	38	17
<i>Solanum americanum</i>	41	21	10	20	31	11	49	76	52
<b>sur 14 espèces</b>	<b>1106</b>	<b>823</b>	<b>619</b>	<b>283</b>	<b>487</b>	<b>204</b>	<b>26</b>	<b>44</b>	<b>25</b>

## 6.8 Annexe 08 : Données pour les 14 espèces bien représentées par saison

	Nombre à la levée					Délai levée					Délai floraison					Délai fructification					Délai levée - fructification				
	A	B	C	D	Total	A	B	C	D	Total	A	B	C	D	Total	A	B	C	D	Total	A	B	C	D	Total
ACNHI	3	9	8	6	26	16	17	21	14	17	18	22	26	30	24	18	12	9	20	13	36	35	31	50	37
AMASS	34	11	36	16	97	16	21	28	27	23	31	33	38	29	34	14	26	14	11	15	46	58	51	40	49
ARGME		12	40	1	53		21	27	16	26		70	44		51		10	17		15		77	59		63
BIDPI	25	81	58	23	187	19	16	22	15	18	34	31	31	29	31	8	14	16	14	14	41	45	45	43	44
COPDI		7	13		20		36	27		30		32	34		34			17		17			51		51
CRIMI	39	53	103	18	213	15	17	23	14	19	28	36	35	30	34	11	16	15	12	14	38	51	48	42	46
EPHHL	57	55	65	10	187	13	15	19	17	16	32	32	35	32	33	10	13	14	14	13	42	45	49	49	46
IPOOB	18	6	17	6	47	30	23	28	10	26	40	39	40	53	42	5	42	24		18	52	77	52		56
LEVLA	13	10	36		59	18	29	17		19	35	30	44		39	16	20			18	49	48			48
MAVCO	15	4	1	1	21	18	21	30	10	19	40	56	28	44	42	9	12	25	6	10	48	68	53	50	52
NICPH	1	34	34	2	71	17	27	25	10	25		23	36	58	29		18	13	12	15		41	49	56	45
PLALA		12	30	3	45		15	23	12	20		65	45		48			21		21			52		52
SIDAL	20	6	11	2	39	20	18	29	13	22	36	39	42	41	39	11	28	15	15	14	48	71	54	56	52
SOLAM		9	32		41		22	29		27		52	50		50		19	11		17		71	72		71
moyenne	225	309	484	88	1106	17	19	24	17	20	33	34	37	32	35	11	15	15	13	14	43	48	49	44	47
médiane						16	16	23	14	19	31	31	36	28	32	10	14	14	13	14	41	46	49	42	46

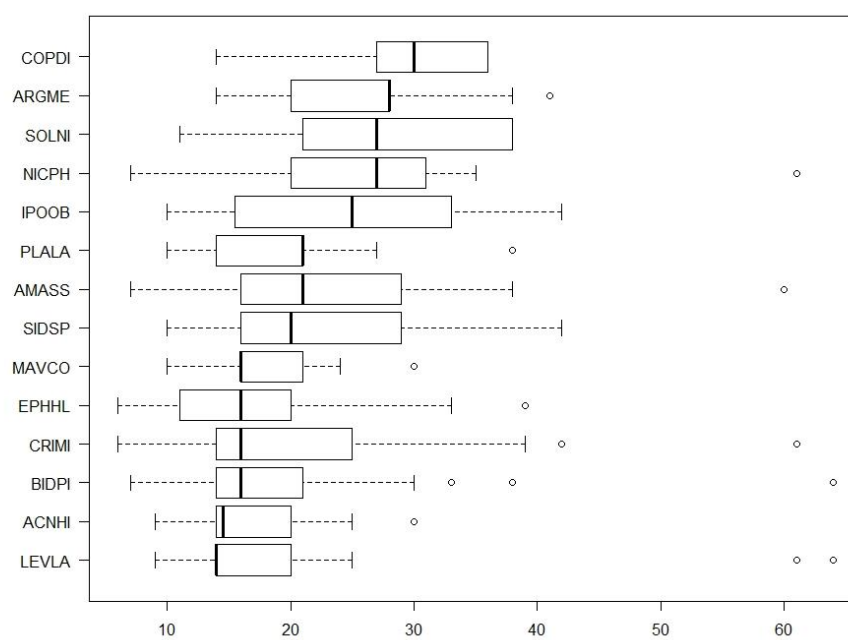
## 6.9 Annexe 09 : Représentation des valeurs en box-plot

### 6.9.1 Délai de levée par saison (nombre de jours)

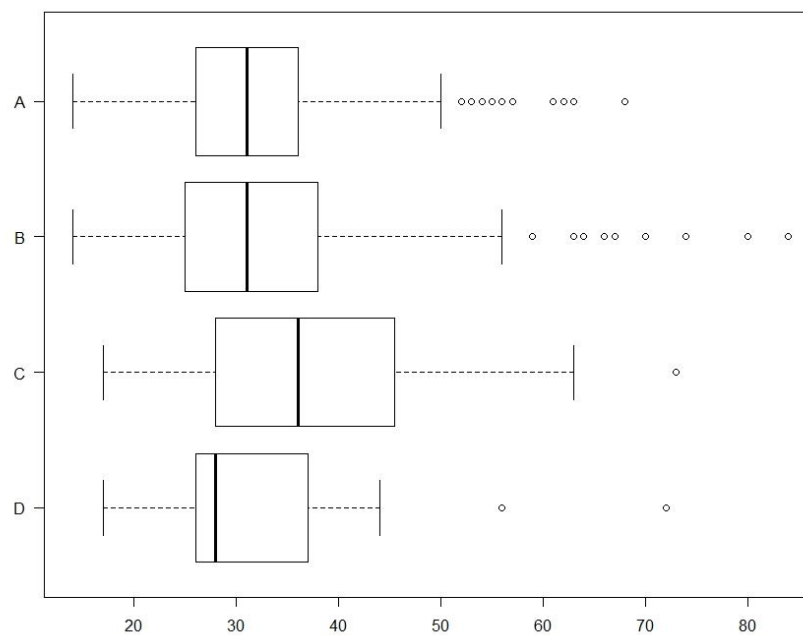


A : décembre, janvier, février, mars – B : avril, mai – C : juin, juillet, août, septembre – D : octobre, novembre

### 6.9.2 Délai de levée par espèce (nombre de jours)

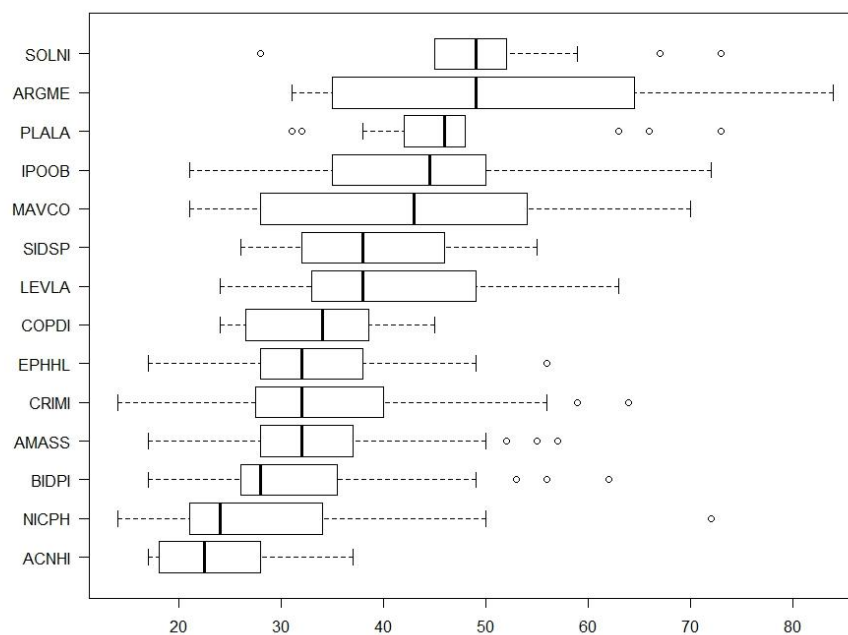


### 6.9.3 Délai de floraison par saison (nombre de jours)



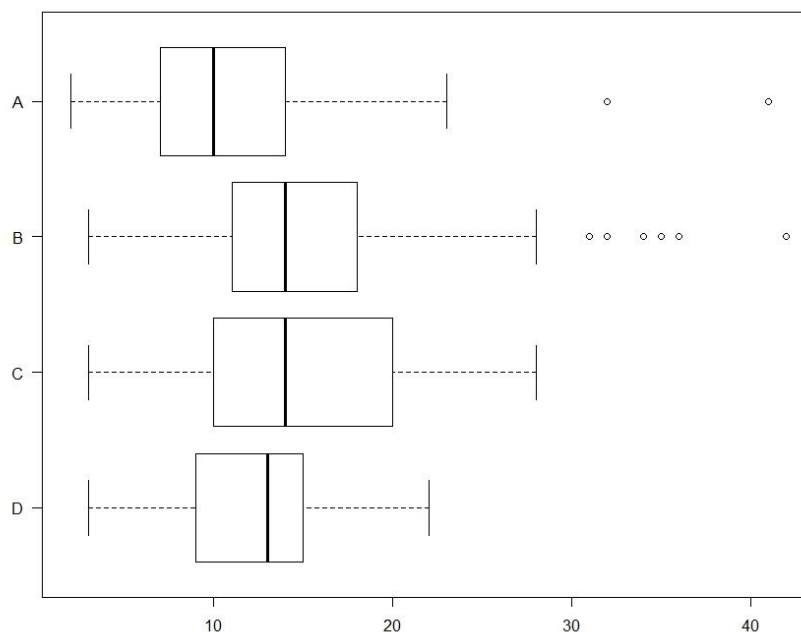
A : décembre, janvier, février, mars – B : avril, mai – C : juin, juillet, août, septembre – D : octobre, novembre

### 6.9.4 Délai de floraison par espèce (nombre de jours)



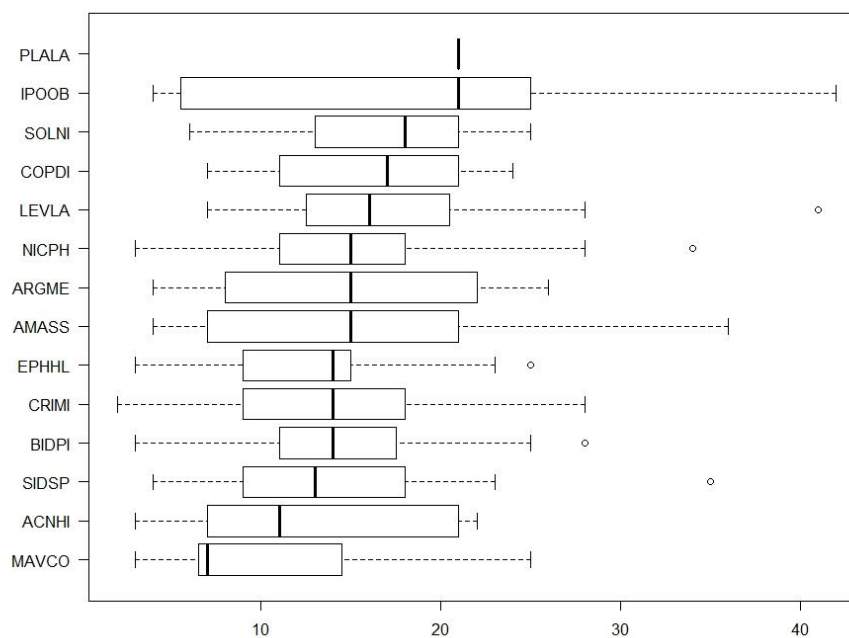


### 6.9.5 Délai de fructification par saison (nombre de jours)

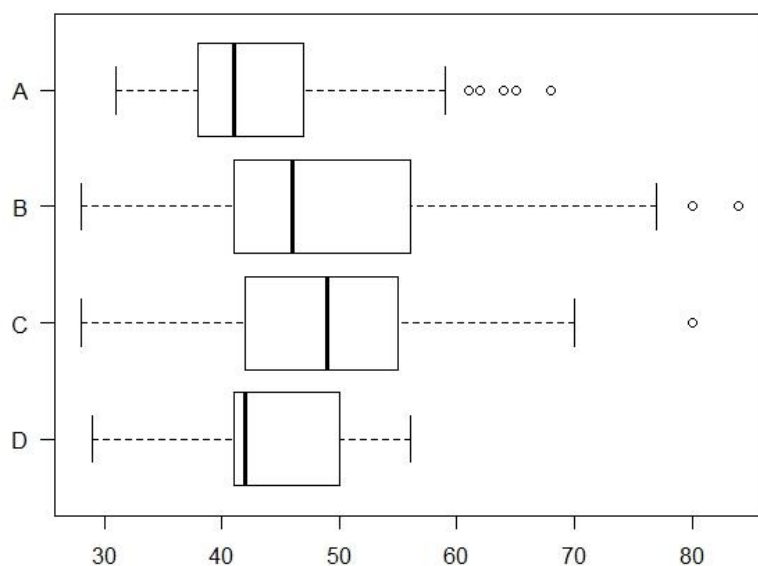


A : décembre, janvier, février, mars – B : avril, mai – C : juin, juillet, août, septembre – D : octobre, novembre

### 6.9.6 Délai de fructification par espèce (nombre de jours)

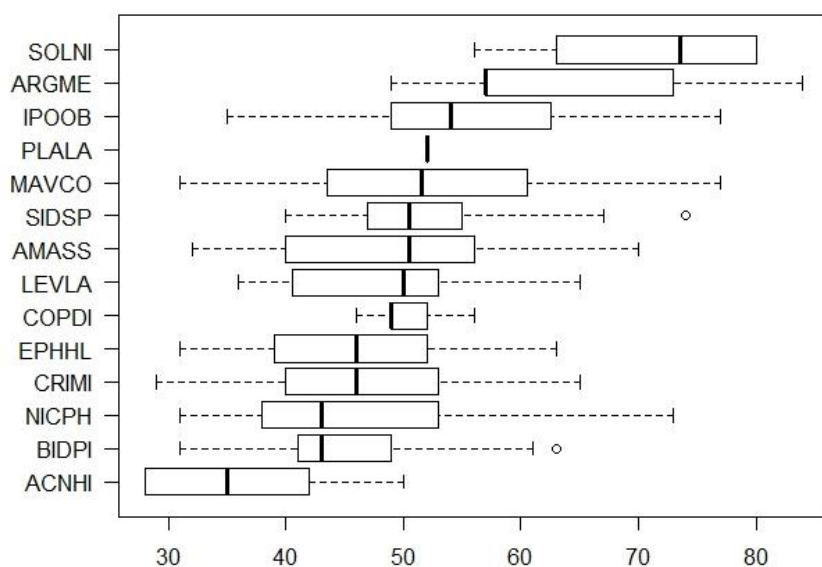


### 6.9.7 Délai entre levée et fructification par saison (nombre de jours)



A : décembre, janvier, février, mars – B : avril, mai – C : juin, juillet, août, septembre – D : octobre, novembre

### 6.9.8 Délai entre levée et fructification par espèce (nombre de jours)



## 6.10 Annexe 10 : Données pour les espèces rares

nombre d'individus à la levée, délai de levée (en jours)

nombre d'individus à la floraison, délai de floraison (en jours)

nombre d'individus à la fructification, délai de fructification (en jours).

	Nb levée	Délai levée	Nb floraison	Délai floraison	Nb fructification	Délai fructification
<i>Brachiaria sp</i>	3	10	3	48	3	11
<i>Brassica sp</i>	2	20	2	58	2	7
<i>Cenchrus biflorus</i>	1	9	1	42	1	4
<i>Coccinia grandis</i>	2	25				
<i>Crotalaria trichotoma</i>	11	21	2	62	1	10
<i>Cyperus rotundus</i>	16	27				
<i>Datura innoxia</i>	1	25	1	45		
<i>Desmanthus virgatus</i>	21	22	5	65	3	22
<i>Digitaria sp</i>	7	25				
<i>Eleusine indica</i>	8	31	4	46	2	6
<i>Euphorbia hypericifolia</i>	2	13	2	38	2	3
<i>Ipomoea eriocarpa</i>	8	21	1	68		
<i>Leucaena leucocephala</i>	10	22	3	47		
<i>Melinis repens</i>	2	18				
<i>Momordica charantia</i>	5	14	3	39	1	27
<i>Mucuna puriens</i>	1	10				
<i>Oxalis debilis</i>	2	23				
<i>Oxalis latifolia</i>	20	11	5	47		
<i>Paspalum dilatatum</i>	4	15	4	28		
<i>Phyllanthus amarus</i>	1	38	1	17	1	7
<i>Sigesbeckia orientalis</i>	8	21	5	39	3	11
<i>Sonchus oleraceus</i>	2	18	2	40		
<i>Sorghum arundinaceum</i>	1	10	1	56		
<i>Tephrosia sp</i>	1	12				
<i>Trianthema portulacastrum</i>	1	25	1	21	1	14
<b>Total général</b>	<b>140</b>	<b>20</b>	<b>46</b>	<b>46</b>	<b>20</b>	<b>11</b>

## 6.11 Annexe 11 : Cas des parcelles irriguées vs parcelles sans irrigation

### Nombres d'individus suivis

espèce	LEVEE				FRUCTIFICATION				FRUCTIFICATION		
	Irr	Sec	T		Irr	Sec	T		Irr	Sec	T
<i>Acanthospermum hispidum</i>	20	6	26		18	6	24		18	3	21
<i>Amaranthus sp</i>	65	32	97		42	20	62		29	17	46
<i>Argemone mexicana</i>	25	28	53		13	18	31		5	17	22
<i>Bidens pilosa</i>	165	22	187		158	17	175		139	8	147
<i>Cardiospermum microcarpum</i>	146	67	213		124	55	179		96	48	144
<i>Euphorbia heterophylla</i>	164	23	187		122	19	141		101	17	118
<i>Ipomoea obscura</i>	26	21	47		15	7	22		4	3	7
<i>Lepidium didymum</i>	19	1	20		16		16		10		10
<i>Leucas lavandulifolia</i>	7	52	59		7	30	37		5	10	15
<i>Malvastrum coromandelianum</i>	9	12	21		7	11	18		7	9	16
<i>Nicandra physalodes</i>	47	24	71		33	21	54		29	9	38
<i>Plantago lanceolata</i>	32	13	45		13	1	14		1		1
<i>Sida alba</i>	10	29	39		6	23	29		4	20	24
<i>Solanum americanum</i>	40	1	41		20	1	21		9	1	10
Total général	775	331	1106		594	229	823		457	162	619

Irr : sous irrigation ; Sec : sans irrigation de complément ; T : total

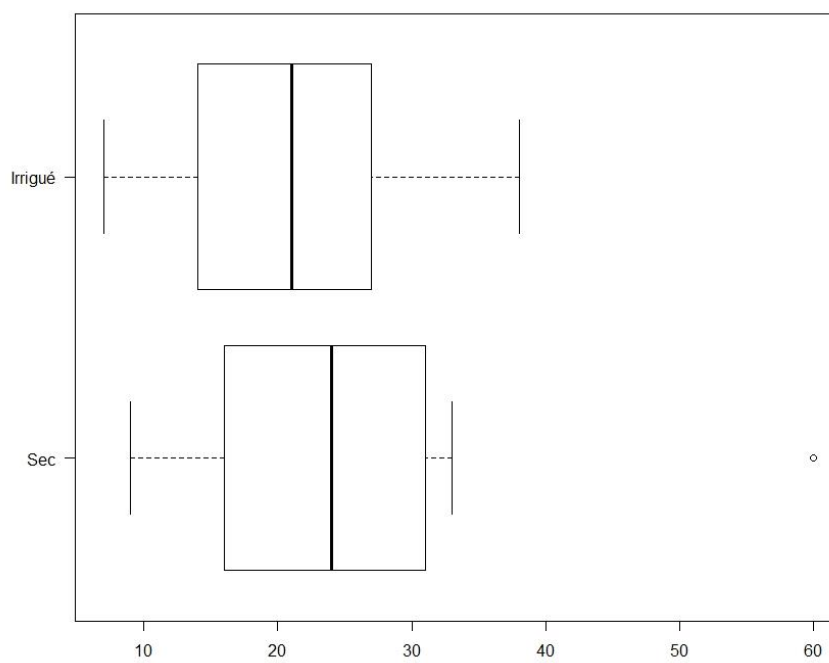
### Moyenne des délais de levée, de floraison et de fructification avec le test de signification

espèce	LEVEE							FLORAISON							FRUCTIFICATION					
	Irr	Sec	T		diff.	%		Irr	Sec	T		diff.	%		Irr	Sec	T		diff.	%
<i>Acanthospermum hispidum</i>	16	21	17	*	4	27		24	26	24	ns	2	8		14	9	13	ns	-5	-35
<i>Amaranthus sp</i>	22	26	23	ns	5	21		33	35	34	ns	2	6		15	16	15	ns	2	11
<i>Argemone mexicana</i>	23	28	26	**	5	23		62	42	51	**	-20	-32		7	18	15	**	11	172
<i>Bidens pilosa</i>	17	25	18	**	8	49		30	38	31	**	8	25		14	12	14	ns	-2	-12
<i>Cardiospermum microcarpum</i>	16	27	19	**	11	67		35	30	34	**	-6	-16		14	15	14	ns	1	5
<i>Euphorbia heterophylla</i>	15	20	16	**	5	31		33	33	33	ns	0	0		13	13	13	ns	0	-2
<i>Ipomoea obscura</i>	19	33	26	**	14	74		43	41	42	ns	-2	-5		20	16	18	ns	-5	-23
<i>Lepidium didymum</i>	31	14	30	ns	-17	-55		34	-	34	-	-	-		17	-	17	-	-	-
<i>Leucas lavandulifolia</i>	14	20	19	ns	6	41		30	41	39	*	10	34		20	16	18	ns	-4	-20
<i>Malvastrum coromandelianum</i>	19	19	19	ns	0	-1		40	44	42	ns	4	10		10	10	10	ns	0	-1
<i>Nicandra physalodes</i>	21	33	25	**	11	53		31	27	29	ns	-3	-11		15	18	15	ns	3	24
<i>Plantago lanceolata</i>	19	24	20	**	5	27		48	42	48	ns	-6	-12		21	-	21	-	-	-
<i>Sida alba</i>	17	24	22	*	7	40		40	38	39	ns	-2	-5		11	15	14	ns	4	41
<i>Solanum americanum</i>	28	23	27	ns	-5	-17		51	49	50	ns	-2	-3		16	18	17	ns	2	10
<b>Total général</b>	18	25	20	**	7	37		34	35	35	ns	1	2		14	15	14	ns	1	7

Irr : sous irrigation ; Sec : sans irrigation de complément ; T : total ; diff. : différence ; % : pourcentage de diff. / Irr

## 6.12 Annexe 12 : Représentation en box-plot pour le facteur irrigation

### 6.12.1 Délai de levée pour AMASS (nombre de jours)



### 6.12.2 Délai de levée pour CRIMI (nombre de jours)

